

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-098435

(43)Date of publication of application : 03.04.2003

(51)Int.Cl.

G02B 17/08

G02B 5/10

G02B 7/10

G02B 13/18

G02B 15/16

G03B 5/00

(21)Application number : 2001-289113

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 21.09.2001

(72)Inventor : AMAUCHI TAKAHIRO

## (54) ZOOM OPTICAL SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a zoom optical system which is very compact, whose power consumption is extremely small, whose operating noise is low and which can be applied to an imaging device.

**SOLUTION:** This zoom optical system is constituted of a 1st group G1 having negative power, a 2nd group G2 having positive power, and a 3rd group G3 having positive power in this order from the object side, obtains variable power action by moving the 2nd group G2, and is constituted so that out-of-focus caused by such action is corrected via the reflection surface of a shape variable mirror M provided in the 1st group G1.



(5)Int.Cl.	公開日	特許出願公開番号
G 0 2 B	17/08	F 1
5/10	5/10	G 0 2 B
7/10	7/10	5/10
13/18	13/18	7/10
15/16	15/16	13/18

特許請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 49 頁) 最終頁に続く	特許請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 49 頁) 最終頁に続く
(21)出願番号 特開2001-289113(P2001-289113)	(71)出願人 000000376
(22)出願日 平成13年9月21日(2001.9.21)	オリンパス光学工業株式会社
	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
	(72)発明者 天内 隆裕
	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
	ンパス光学工業株式会社内
	(73)代理人 100065824
	弁理士 篠原 泰司 (外1名)

## (54) 発明の名称

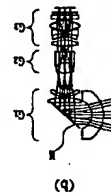
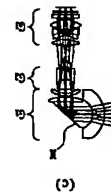
ズーム光学系

最終頁に続く

## (57) 【要約】

【課題】非常に小型で消費電力が極めて少なく、動作音が静かな撮像装置に適用可能なズーム光学系を提供する。非常に小型で消費電力が極めて少なく、動作音が静かな撮像装置に適用可能なズーム光学系を提供する。

【解決手段】物体側から順に、負パワーを有する第1群G1と、正パワーを有する第2群G2と、正パワーを有する第3群G3とからなり、第2群G2を移動させることにより変倍作用をもたせ、それにより生じる焦点ずれを、第1群G1中に設けた形状可変ミラーMの反射面を介して補正することができるように構成されている。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つ以上の変倍作用を有するレンズ群と、少なくとも1つ以上のコンベンサー作用及びフォーカス作用を有する形状可変反射面とを用いたことを特徴とするズーム光学系。

【請求項2】 少なくとも2つ以上の変倍作用及びコンベンサー作用を有するレンズ群と、少なくとも1つ以上のフォーカス作用を有する形状可変反射面とを用いたことを特徴とするズーム光学系。

【請求項3】 少なくともある動作状態で、次の条件式(1)を満たすことを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系、

$$0 \leq |\psi x / \phi| < 0.5$$

$$0 \leq |\psi y / \phi| < 0.5$$

ただし、 $\psi x$ は形状可変反射面の傾き方向に垂直な軸のパワー、 $\psi y$ は形状可変反射面の傾き方向に平行な軸のパワー、 $\phi$ は光学系全系統のパワーである。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子撮像装置に用いるズーム光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】ズーム光学系は、焦点距離を変化させる群（バリエータ）と、それらともなう像面すれ及び収差を補償する群（コンベンサー）と、被写体にフォーカスをあわせる群と、収差性能を補正する固定群とのレンズ群に分けられる。そして、ズーム光学系は、上記各々のレンズ群のうち所定のレンズ群を共軸方向に移動させて、変倍及びピント調整を行うように構成されている。しかし、それらのレンズ群を移動させるための機械的機構は複雑であり、また、その機械的機構を設けるために広いスペースが必要になるという問題があった。

【0003】また、ズーム光学系のレンズ群を移動させる方式としては、一眼レフカメラのようにズームリングを介して手動で行う手動方式と、装置全体に取り付けられたズームレバーまたはボタンの操作によりモーターを駆動してレンズ群を移動させるモーター駆動方式とがある。しかし、手動方式の場合は、レンズを沈黙化することが困難であり、未使用時にレンズが飛び出したままとなり、携帯に邪魔になるという問題があった。他方、モーター駆動方式の場合は、ズームの動作が静かであった\*

$$0 \leq |\psi x / \phi| < 0.5 \quad \dots (1)$$

$$0 \leq |\psi y / \phi| < 0.5 \quad \dots (2)$$

ただし、 $\psi x$ は形状可変反射面の傾き方向に垂直な軸のパワー、 $\psi y$ は形状可変反射面の傾き方向に平行な軸のパワー、 $\phi$ は光学系全系統のパワーである。

【0011】

【発明の実施の形態】実施例の説明に先立ち、本発明の作用を説明する。本第1の発明、又は本第2の発明によ

2

り、動作音がうるさかったり、電力消費量が大いといった問題があった。しかも、モーターやそれを動作させる駆動回路を設ける必要があり、装置が大型化してしまうという問題もあった。

【0004】しかも、撮像装置におけるズーム光学系のフォーカス機構に関しても、オートフォーカスが主流であり、モーター駆動が必須であるため、動作が静かであり、動作音がうるさく、電力消費が大いという問題があった。

【0005】しかも、未使用時にレンズを沈黙させるモーター駆動方式の場合、使用開始時および終了時に、レンズを大きく移動させることになり、電力消費量がより一層大きくなる原因となる。

【0006】また、近年、小型で高解像なズーム光学系を用いた撮像装置が要求されてきており、例えば、特開平11-20646号公報には、光路を折り返すことでコンパクト化したズーム光学系を用いた撮像装置が提案されているが、単純に光路を折り返しただけに過ぎず、消費電力が小さくない。

【0007】本発明は上記の課題を解決する為になされたものであり、非常に小型で消費電力が極めて少なく、動作音が静かな撮像装置に適用可能なズーム光学系を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明では、上記の課題を達成するため、電子撮像装置用のズーム光学系に、形状の変化する反射面を設けることにより、焦点ずれを補正することが可能な撮像装置を構成することができるとしている。即ち、本第1の発明によるズーム光学系は、少なくとも1つ以上の変倍作用を有するレンズ群と、少なくとも1つ以上のコンベンサー作用及びフォーカス作用を有する形状可変反射面とを用いたことを特徴とする。

【0009】また、本第2の発明によるズーム光学系は、少なくとも2つ以上の変倍作用及びコンベンサー作用を有するレンズ群と、少なくとも1つ以上のフォーカス作用を有する形状可変反射面とを用いたことを特徴とする。

【0010】また、本第3の発明によるズーム光学系は、本第1又は第2の発明のズーム光学系において、少なくともある動作状態で、次の条件式(1)、(2)を満たすことを特徴とする。

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

れば、フォーカシング作用及びコンベンサー作用、又はフォーカシング作用を形状可変反射面に持たせることで、モーター及び駆動回路などのレンズ移動機構を設ける必要がなく、小型化、低コスト化できる。また、反射面の形状を断面的に変化させることが可能であることから、フォーカシングが非常に高速で、しかも動作音が静





曲率半径 5.37

$k = 0.0000 \times 10^0$

$a = -2.5653 \times 10^{-1}$

$d = -1.9138 \times 10^{-2}$

$b = 4.9251 \times 10^{-1}$

$c = -1.5318 \times 10^{-4}$

[0047]

傾心(11)

$X = 0.00$   $Y = 0.00$   $Z = 0.00$

$\alpha = 45.00$   $\beta = 0.00$   $\gamma = 0.00$

[0048]

[WE]

D1: -9.47

D2: -0.51

FFS[1]

$C_0 = 0.0000 \times 10^0$   $C_1 = 0.0000 \times 10^0$   $C_2 = 0.0000 \times 10^0$

$C_{10} = 0.0000 \times 10^0$   $C_{11} = 0.0000 \times 10^0$   $C_{12} = 0.0000 \times 10^0$

$C_{13} = 0.0000 \times 10^0$

[0049]

[ST]

D1: -7.68

D2: -2.30

FFS[1]

$C_0 = -3.6528 \times 10^{-1}$   $C_1 = -4.0771 \times 10^{-1}$   $C_2 = -3.6983 \times 10^{-1}$

$C_{10} = -2.5020 \times 10^{-1}$   $C_{11} = -8.7318 \times 10^{-1}$   $C_{12} = -8.7266 \times 10^{-1}$

$C_{13} = -4.8478 \times 10^{-1}$

[0050]

[TE]

D1: -0.94

D2: -9.04

FFS[1]

$C_0 = 5.5060 \times 10^{-1}$   $C_1 = -3.2403 \times 10^{-1}$   $C_2 = 3.2557 \times 10^{-1}$

$C_{10} = 5.2688 \times 10^{-1}$   $C_{11} = -8.3582 \times 10^{-1}$   $C_{12} = -7.7416 \times 10^{-1}$

$C_{13} = -1.8438 \times 10^{-1}$

[0051]

条件式の値

[WE]

$|\phi x / \phi| = 0.0000$

$|\phi y / \phi| = 0.0000$

$|\eta| = 0.81$

D = 13.00 mm

[ST]

$|\phi x / \phi| = 0.00307$

$|\phi y / \phi| = 0.00034$

$|\eta| = 0.86$

D = 11.11 mm

[TE]

$|\phi x / \phi| = 0.00069$

$|\phi y / \phi| = 0.00041$

$|\eta| = 1.18$

D = 8.07 mm

[0052] 第2実施例

50 図8は本発明にかかる第2実施例のズーム光学系のレン

ズ構成を示す光軸に沿う断面図である。第2実施例のズーム光学系は、物体側から順に、負パワーを有する第1群G1と、絞り面の第2群G2と、正パワーを有する第3群G3と、正パワーを有する第4群G4とからなり、第3群G3を移動させることにより変倍作用をもたせ、それにより生じる焦点ずれを、第1群G1中に設けた形状可変ミラーMの反射面を介して補正することによって構成されている。また、第2実施例では、その際、ミラー径を小さく保つように位置が移動するよう構成されている。また、第2実施例のズーム光学系は、焦点距離が6.0mm〜12.0mm、開放けンバー\*は、焦点距離が6.0mm、撮像面のサイズが5.3mm×4.0mm、広角端における水平画角が47.66°、垂直画角が36.87°、望遠端における水平画角が24.91°、垂直画角が28.07°に設計されている。

また、第2実施例のズーム光学系の数値データ及び条件式の値を示す。また、第2実施例の光学系の広角端、中間状態、望遠端ごとの各波長域における、横収差を表す収差図を図9〜11に、形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図を図12〜14にそれぞれ示す。図12〜14中、Oは形状可変反射面の中心を示している。

数値データ2

面番号	曲率半径	面間隔	傾心	屈折率	アッベ数
物体面	$\infty$	$\infty$			
1	11.98	4.00		1.7910	38.4
2	4.65	6.61			
3	FFS[1] (DM)	-4.00	傾心(O)		
4	15.85	-1.54		1.7725	49.6
5	非球面[1]	-0.50			
6	-18.66	-1.00		1.8304	26.6
7	-32.10	D1			
8	絞り面	D2			
9	-14.10	-6.16		1.7173	30.0
10	7.67	-1.00		1.8467	23.8
11	-84.69	D3			
12	非球面[2]	-3.93		1.7754	47.4
13	39.06	-3.25			
14	11.87	-1.00		1.7346	27.7
15	49.79	-1.00		1.8467	23.8
16	-7.44	-0.54			
17	-8.64	-3.97		1.6820	56.1
18	非球面[3]	-0.57			
19	$\infty$	-1.44		1.5477	62.8
20	$\infty$	-0.80			
21	$\infty$	-0.60		1.5163	64.1
22	$\infty$	-1.38			
像面	$\infty$				

[0054]

非球面[1]

曲率半径 8.13

$k = 0.0000 \times 10^0$

$a = -2.4592 \times 10^{-1}$

$d = 7.7225 \times 10^{-1}$

$b = 7.1762 \times 10^{-1}$

$c = -3.8853 \times 10^{-1}$

非球面[2]

曲率半径 -13.07

$k = 0.0000 \times 10^0$

$a = -6.6592 \times 10^{-1}$

$d = 5.5059 \times 10^{-1}$

$b = 2.1610 \times 10^{-1}$

$c = -7.2551 \times 10^{-1}$

非球面[3]

曲率半径 6.01

$$\begin{aligned} k &= 0.0000 \times 10^0 \\ a &= -2.6909 \times 10^{-1} \\ d &= 1.3787 \times 10^{-10} \\ b &= 7.0023 \times 10^{-1} \\ c &= -1.7726 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

[0055]

偏心[1]

$$\begin{aligned} X &= 0.00 \quad Y = 0.00 \quad Z = 0.00 \\ \alpha &= 45.00 \quad \beta = 0.00 \quad \gamma = 0.00 \end{aligned}$$

[0056]

[WE]

$$\begin{aligned} D1 &: -3.61 \\ D2 &: -13.97 \\ D3 &: -0.50 \end{aligned}$$

FFS[1]

$$\begin{aligned} C_0 &= 0.0000 \times 10^0 & C_9 &= 0.0000 \times 10^0 & C_8 &= 0.0000 \times 10^0 \\ C_{10} &= 0.0000 \times 10^0 & C_{11} &= 0.0000 \times 10^0 & C_{11} &= 0.0000 \times 10^0 \\ C_{11} &= 0.0000 \times 10^0 \end{aligned}$$

[0057]

[ST]

$$\begin{aligned} D1 &: -7.87 \\ D2 &: -5.94 \\ D3 &: -4.27 \end{aligned}$$

FFS[1]

$$\begin{aligned} C_0 &= -3.1575 \times 10^{-4} & C_9 &= 5.4047 \times 10^{-8} & C_8 &= -1.4554 \times 10^{-1} \\ C_{10} &= -5.4077 \times 10^{-8} & C_{11} &= -1.0082 \times 10^{-8} & C_{11} &= -3.9100 \times 10^{-7} \\ C_{11} &= -5.3885 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

[0058]

[TE]

$$\begin{aligned} D1 &: -0.69 \\ D2 &: -0.50 \\ D3 &: -16.89 \end{aligned}$$

FFS[1]

$$\begin{aligned} C_0 &= -1.5681 \times 10^{-4} & C_9 &= -1.3345 \times 10^{-8} & C_8 &= -9.7877 \times 10^{-8} \\ C_{10} &= -3.0884 \times 10^{-8} & C_{11} &= -6.5207 \times 10^{-1} & C_{11} &= -7.6455 \times 10^{-1} \\ C_{11} &= -9.9337 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

[0059]

条件式の値

[WE]

$$\begin{aligned} |\phi x / \phi| &= 0.0000 \\ |\phi y / \phi| &= 0.0000 \\ |\eta| &= 0.82 \end{aligned}$$

$$D = 9.20 \text{ mm}$$

[ST]

$$\begin{aligned} |\phi x / \phi| &= 0.00265 \\ |\phi y / \phi| &= 0.00005 \\ |\eta| &= 0.89 \end{aligned}$$

$$D = 9.27 \text{ mm}$$

[TE]

$$\begin{aligned} |\phi x / \phi| &= 0.00198 \\ |\phi y / \phi| &= 0.00168 \\ |\eta| &= 1.20 \end{aligned}$$

$$D = 6.40 \text{ mm}$$

[0060] 第3実施例

図15は本発明にかかる第3実施例のズーム光学系のレンズ構成を示す光軸に沿った断面図である。第3実施例のズーム光学系は、物体側から順に、負パワーを有する第1群G1と、正パワーを有する第2群G2と、正パワーを有する第3群G3とからなり、第2群G2を移動させることにより変倍作用をなせ、それにより生じる焦点ずれを、第1群G1中に設けた形状可変ミラーMの反射面を介して補正することができるように構成されている。また、第3実施例では、その際、ミラー径を小さくする為に、第1群G1中にプリズムPを設け、形状可変ミラーMの反射面への入射角が小さくなるようにしている。この入射角は5°以下で構成することが望ましく、40°以下で構成すると更に望ましい。また、第3実施例のズーム光学系は、焦点距離が6.0mm〜1\*

数値データ3

面番号 曲率半径

物体面

面間隔

偏心

屈折率

アッペ数

面番号

曲率半径

物体面

面間隔

偏心

屈折率

アッペ数

面番号

曲率半径

物体面

面間隔

偏心

屈折率

アッペ数

面番号

曲率半径

物体面

面間隔

偏心

屈折率

アッペ数

面番号

曲率半径

物体面

面間隔

偏心

屈折率

アッペ数

面番号

曲率半径

物体面

面間隔

偏心

屈折率

アッペ数



24

23

15	-58.64	-1.05	1.7454	51.4
16	-57.48	D3		
17	-53.58	-6.00	1.4878	70.1
18	非球面[3]	-0.50		
19	$\infty$	-1.44	1.5477	62.8
20	$\infty$	-0.80		
21	$\infty$	-0.60	1.5163	64.1
22	$\infty$	-1.34		
像面	$\infty$	0.00		

[0071]

10

非球面[1]

曲率半径 -6.52  
 $k = -8.4413 \times 10^{-1}$   
 $a = 3.1018 \times 10^{-1}$   
 $b = -9.0911 \times 10^{-7}$   
 $c = 4.6008 \times 10^{-9}$   
 $d = -7.2232 \times 10^{-10}$

非球面[2]

曲率半径 -26.78  
 $k = -4.1909 \times 10^{-1}$   
 $a = 6.8294 \times 10^{-1}$   
 $b = -1.2811 \times 10^{-7}$   
 $c = 3.4132 \times 10^{-9}$   
 $d = -5.8522 \times 10^{-10}$

非球面[3]

曲率半径 118.63  
 $k = -7.3566 \times 10^1$   
 $a = -3.4192 \times 10^{-4}$   
 $b = -1.2533 \times 10^{-4}$   
 $c = 1.0897 \times 10^{-1}$   
 $d = -3.5236 \times 10^{-7}$

[0072]

FFS[1]

$C_1 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_{11} = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_{111} = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_2 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_{21} = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_{211} = 0.0000 \times 10^0$

[0073]

傾心[1]

$X = 0.00$   
 $Y = 0.00$   
 $Z = 0.00$   
 $\alpha = 45.00$   
 $\beta = 0.00$   
 $\gamma = 0.00$

[0074]

[WE / So =  $\infty$ ]

D1 : -14.38  
D2 : -2.56  
D3 : -8.20

FFS[1]

$C_1 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_2 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_3 = 0.0000 \times 10^0$

[0075]

[ST / So =  $\infty$ ]

D1 : -6.20  
D2 : -5.24  
D3 : -13.70

$C_1 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_2 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_3 = 0.0000 \times 10^0$

[0076]

[TE / So =  $\infty$ ]

$C_1 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_2 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_3 = 0.0000 \times 10^0$

25

26

D1 : -0.80  
D2 : -1.30  
D3 : -23.04

FFS[1]

$C_1 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_2 = 0.0000 \times 10^0$   
 $C_3 = 0.0000 \times 10^0$

[0077]

[WE / So = 300mm]

D1 : -14.38  
D2 : -2.56  
D3 : -8.20

FFS[1]

$C_1 = -3.8497 \times 10^{-1}$   
 $C_2 = -1.7444 \times 10^{-1}$   
 $C_3 = -1.3688 \times 10^{-1}$

[0078]

[ST / So = 300mm]

D1 : -6.20  
D2 : -5.24  
D3 : -13.70

FFS[1]

$C_1 = -4.1117 \times 10^{-1}$   
 $C_2 = -2.0527 \times 10^{-1}$   
 $C_3 = -1.3665 \times 10^{-1}$

[0079]

[TE / So = 300mm]

D1 : -0.80  
D2 : -1.30  
D3 : -23.04

FFS[1]

$C_1 = -4.2915 \times 10^{-1}$   
 $C_2 = -2.1052 \times 10^{-1}$   
 $C_3 = -1.6682 \times 10^{-1}$

[0080]

条件式の値

[WE / So =  $\infty$ mm]  
 $|\phi x / \phi| = 0.0000$   
 $|\phi y / \phi| = 0.0000$   
 $|\eta| = 0.67$   
D = 12.75 mm  
[ST / So =  $\infty$ mm]  
 $|\phi x / \phi| = 0.0000$   
 $|\phi y / \phi| = 0.0000$   
 $|\eta| = 1.06$   
D = 10.33 mm  
[TE / So =  $\infty$ mm]  
 $|\phi x / \phi| = 0.0000$   
 $|\phi y / \phi| = 0.0000$   
 $|\eta| = 1.60$   
D = 10.49 mm  
[WE / So = 300mm]  
 $|\phi x / \phi| = 0.00243$   
 $|\phi y / \phi| = 0.00243$   
D = 12.75 mm  
[ST / So = 300mm]  
 $|\phi x / \phi| = 0.00346$   
 $|\phi y / \phi| = 0.00173$



$$\begin{aligned} D &= 10.33 \text{ mm} \\ [TE / So = 300 \text{ mm}] \\ |\psi x / \phi| &= 0.00541 \\ |\psi y / \phi| &= 0.00265 \end{aligned}$$

$$D = 10.48 \text{ mm}$$

上記実施例では、軸上物体からの軸上入射光と、同光線が撮像素子へ入射する時の光線との成す角が、90°±5°あるいは60°±5°になっている。このようにすることによって撮像設計が容易になるメリットがある。

[0081] 以上のような本発明によるズーム光学系は、フィルムカメラ、デジタルカメラ、テレビカメラ、携帯端末用のカメラ、監視カメラ、ロボットの眼、電子目鏡等々に適用可能である。また、上述のズーム光学系では、レンズ群中に反射面を有する構成のズーム光学系について説明したが、反射面を有しない構成のズーム光学系に適用可能である。また、上述のズーム光学系は、可変焦点レンズ等を用いて構成すれば、小型化、低コスト化、省電力化、作動音の静音化等の効果を達成することが可能である。更に、可変形状面を有しない可変焦点ミラーを上記実施例に用いても良い。なお、可変焦点ミラーについては、その一例を図54を用いて後述する。

[0082] 次に、本発明のズーム光学系に適用可能な可変ミラー、可変焦点レンズの構成例について説明する。

[0083] 図29は本発明のズーム光学系に適用可能な可変ミラーとして光学特性可変ミラーを用いたデジタルカメラのクレープ方式ファインダーの概略構成図である。本実施例の構成は、もちろん、韓国フィルムカメラにも使うことができる。まず、光学特性可変形状鏡409について説明する。

[0084] 光学特性可変形状鏡409は、アルミコーティングされた導膜（反射面）409aと複数の電極409bからなる光学特性可変形状鏡（以下、単に可変形状鏡と言う。）であり、411は各電極409bにそれぞれ接続された複数の可変抵抗器、412は可変抵抗器411と電源スイッチ413を介して電極409aと電極409b間に接続された電源、414は複数の可変抵抗器411の抵抗値を制御するための演算装置、415、416及び417はそれぞれ演算装置414に接続された温度センサー、湿度センサー及び距離センサーで、これらは図示のように配設されて1つの光学装置を構成している。

[0085] なお、対物レンズ902、接眼レンズ901、及び、プリズム404、二等辺角プリズム405、ミラー406及び可変形状鏡の各名は、平面でなくともよく、球面、回転対称非球面の他、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは、対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点又は線を有する面等、いかなる形状をしていてもよく、さらに、反

aは電極409bに印加される電圧すなわち静電気力であるため、その形状は状況により非球面を含む様々な形状となり、印加される電圧の値を変えれば凸面とすることもできる。なお、距離センサー417はなくてもよく、その場合、固体撮像素子408からの像の信号の高周波成分が最大になるように、デジタルカメラの撮像レンズ403を動かす、その位置から逆に物体距離を算出し、可変形状鏡を形成させて観察者の目にピントが合うようにすればよい。

[0089] また、導膜409aをポリイミド等の合成樹脂で製作すれば、低電圧でも大きな変形が可能である。好都合である。なお、プリズム404と可変形状鏡409を一体的に形成してユニット化することができ、る。

[0090] また、図示を省略したが、可変形状鏡409の基板上に固体撮像素子408をリソグラフィプロセスにより一体的に形成してもよい。

[0091] また、レンズ901、902、プリズム404、405、ミラー406は、プラスチックモールド等で形成することにより任意の所望形状の曲面を容易に形成することができ、製作も簡単である。なお、本実施例の構成では、レンズ901、902がプリズム404から離れて形成されているが、レンズ901、902を設けることなく収差を除去することができ、る。また、プリズム404、405、ミラー406、可変形状鏡409を設計すれば、プリズム404、405、可変形状鏡409は1つの光学ブロックとなり、組立が容易となる。また、レンズ901、902、プリズム404、405、ミラー406の一部あるいは全部をガラスで製作してもよく、このように構成すれば、さらに精度の良い撮像装置が得られる。

[0092] なお、図29の例では、演算装置414、温度センサー415、湿度センサー416、距離センサー417を設け、温度変化、物体距離の変化等も可変形状鏡409で補償するようにしたが、そうではなくてもよい。つまり、演算装置414、温度センサー415、湿度センサー416、距離センサー417を省き、観察者の温度変化のみを可変形状鏡409で補正するようにしてもよい。

[0093] 図30は本発明のズーム光学系にかゝる可変ミラーとして適用可能な可変形状鏡409の他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、導膜409aと電極409bとの間に圧電素子409cが配設されていて、これらが支持台423上に設けられている。そして、圧電素子409cに加わる電圧を各電極409b毎に変えることにより、圧電素子409cに部分的に異なる伸縮を生じさせて、導膜409aの形状を変えることができるようになっている。電極409bの形は、図31に示すように、同心分割であってもよいし、図32に示すように、矩形分割であってもよく、そ

の他、適宜の形のものを選択することができる。図30中、424は演算装置414に接続された振れ（ブレ）センサーであって、例えばデジタルカメラの振れを検知し、振れによる像の乱れを補償するように導膜409aを変形させるべく、演算装置414及び可変抵抗器411を介して電極409bに印加される電圧を変化させる。このとき、温度センサー415、湿度センサー416及び距離センサー417からの信号も同時に考慮され、ピント合わせ、温度補償等が行われる。この場合、導膜409aには圧電素子409cの変形に伴う応力が加わるので、導膜409aの厚さはある程度厚めに作られて相応の強度を持たせるようにするのがよい。

[0094] 図33は本発明のズーム光学系にかゝる可変ミラーとして適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、導膜409aと電極409bの間に介置される圧電素子が逆方向の圧電特性を持つ材料で作られた2枚の圧電素子409c及び409c'で構成されている。ここで、図30に示された実施例の可変形状鏡とは異なる。すなわち、圧電素子409cと409c'が強誘電性結晶で作られているとすれば、結晶軸の向きが互いに逆になるように配置される。この場合、圧電素子409cと409c'は電圧が印加されると逆方向に伸縮するので、導膜409aを変形させる力が図30に示した実施例の場合より強くなり、結果的にミラー表面の形を大きく変えることができるという利点がある。

[0095] 圧電素子409c、409c'に用いる材料としては、例えばチタン酸バリウム、ロジウム、水晶、電石、リン酸二水素カリウム（KDP）、リン酸二水素アンモニウム（ADP）、ニオブ酸リチウム等の圧電物質、同物質の多結晶、同物質の結晶、PbZrO<sub>3</sub>とPbTiO<sub>3</sub>の固溶体の圧電セラミックス、二酸化ポリビニール（PVDF）等の有機圧電物質、上記以外の強誘電体等であり、特に有機圧電物質はヤング率

が小さく、低電圧でも大きな変形が可能であるので、好ましい。なお、これらの圧電素子を利用する場合、厚さを不均一にすれば、上記実施例において導膜409aの形状を適切に変形させることも可能である。

[0096] また、圧電素子409c、409c'の材質としては、ポリウレタン、シリコンゴム、アクリルエラストマー、PZT、PLZT、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）等の高分子圧電体、シアニ化ビニリデン共重合体、ビニリデンフルオライドとトリフルオロエチレンの共重合体等が用いられる。圧電性を有する有機材料や、圧電性を有する合成樹脂、圧電性を有するエラストマー等を用いると可変形状鏡の大きな変形が実現でき

てよい。

[0097] なお、図30、34の圧電素子409cに電圧材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合には、圧電素子409cを別の基板4

09c-1と電圧材料409c-2を貼り合わせた構造にしている。  
【0098】図34は本発明のズーム光学系にかかる可変ミラールとして適用可能な可変形状409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状は、圧電素子409cが薄膜409aと電極409dとにより挟まれ、薄膜409aと電極409dの間に演算回路414により制御される駆動回路425を介して電圧が印加されるようになっており、さらにこれとは別に、支持台423上に設けられた電極409bにも演算回路414により制御される駆動回路425を介して電圧が印加されるように構成されている。したがって、本実施例では、薄膜409aは電極409dとの間に印加される電圧と電極409bに印加される電圧による静電気力により二重に変形され、上記実施例に示した何れのものよりもより多くの変形パターンが可能であり、かつ、応答性も速いという利点がある。

【0099】そして、薄膜409a、電極409d間の電圧の符号を変えれば、可変形状を凸面にも凹面にも変形させることができる。その場合、大きな変形を圧電効果で行ない、微細な形状変化を静電気力で行なってもよい。また、凸面の変形には圧電効果を主に用い、凹面の変形には静電気力を主に用いてもよい。なお、電極409dは電極409bのよう複数の電極から構成されてもよい。この様子を図34に示した。なお、本項では、圧電効果と電圧効果、電圧をすべてまとめて圧電効果と述べている。従って、電圧材料も圧電材料に含むものとする。

【0100】図35は本発明のズーム光学系にかかる可変ミラールとして適用可能な可変形状409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状は、電磁気力を利用して反射面の形状を変化させるようにしたもので、支持台423の内部底面には永久磁石426が、頂面上には強化シリコン又はポリミド等からなる基板409eの周縁部が載置固定されており、基板409eの表面にはアルミニウム等の金属コーティングで作られた薄膜409aが付設されている。可変形状409を構成している。基板409eの下面には複数のコイル427が配設されており、これらのコイル427はそれぞれ駆動回路428を介して演算装置414に接続されている。したがって、各センサー415、416、417、424からの信号によって演算装置414において求められる光学系の変化に対応した演算装置414からの出力信号により、各駆動回路428から各コイル427にそれぞれ適当な電流が供給されると、永久磁石426との間に働く電磁気力で各コイル427は反発又は吸引され、基板409e及び薄膜409aを変形させる。

【0101】この場合、各コイル427はそれぞれ異なる量の電流を流すようにすることができる。また、コイ

【0105】図41は本発明のさらに他の実施例に係る、ズーム光学系を用いた撮像装置に適用可能な可変ミラールとして可変形状409を用いた撮像系。例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA用デジタルカメラ等に用いられる撮像系を構成している。本実施例の撮像系は、可変形状409と、制御系103とで一つの撮像ユニット104を構成している。本実施例の撮像ユニット104では、レンズ102を通して物体からの光は可変形状409で集光され、固体撮像素子408の上に結像する。可変形状409は、光学特性可変光学素子の一種であり、可変焦点ミラールとも呼ばれている。

【0106】本実施例によれば、物体距離が変わっても可変形状409を変形させることでピント合わせをすることができ、レンズをモーター等で駆動する必要がなく、小型化、軽量化、低消費電力化の点で優れている。また、撮像ユニット104は本発明の撮像系としてすべての実施例で用いることができる。また、可変形状409を複数用いることでズーム、変倍の撮像系、光学系を作ることができる。なお、図41では、制御系103にコイルを用いたトランスの昇圧回路を含む制御系の構成例を示している。特に閉回路型電圧トランスを用いて、小型にできている。昇圧回路は本発明のすべての電圧を用いる可変形状、可変焦点ミラールに用いることができるが、特に静電気力、圧電効果を用いる場合の可変形状、可変焦点ミラールに有用である。

【0107】図42は本発明のズーム光学系に係る可変ミラールとして適用可能なさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ180で液体181を出し入れし、ミラー面を変形させる可変形状409の概略構成図である。本実施例によれば、ミラー面を大きく変形させることが可能になるというメリットがある。マイクロポンプ180は、例えば、マイクロポンプの技術で作られた小型のポンプで、電力で動くように構成されている。マイクロポンプの技術で作られたポンプの例としては、熱変形を利用したものの、圧電材料を用いたもの、静電気力を用いたものなどがある。

【0108】図43は本発明のズーム光学系に用いる可変ミラールに適用可能なマイクロポンプの一実施例を示す概略構成図である。本実施例のマイクロポンプ180で\*

$$2nm \leq D \leq \lambda / 5$$

とする。すなわち、液晶分子517の大きさは、2nm程度以上であるので、平均の直径Dの下限値は、2nm以上とする。また、Dの上限値は、可変焦点ミラール1の光軸方向における高分子分散液晶514の厚さ1にも依存するが、λに比べて大きく、高分子の屈折率と液晶分子517の屈折率との差により、高分子セル518の境界面で光が散乱して高分子分散液晶514が不透明になってしまいうため、後述するように、好ましく

【0109】本実施例の可変形状188では、反射膜189が液体181の量に応じて凹凸に変形することによって、可変形状188として機能する。可変形状188は液体181で駆動されている。液体としては、シリコンオイル、空気、水、ゼリー、等の有機物、無機物を用いることができる。

【0110】なお、静電気力、圧電効果を用いた可変形状、可変焦点ミラールなどにおいては、駆動部に高電圧が必要になる場合がある。その場合には、例えば図41に示すように、昇圧用のトランス、あるいは圧電トランス等を用いて制御系を構成するとい。また、反射用の薄膜409aは、変形しない部分に設けておくと、可変形状の形状を干渉計等で測定する場合に、基面として使うことが便利である。

【0111】図44は本発明にかかるとズーム光学系に適用可能な可変焦点ミラールの原理的構成を示す図である。この可変焦点ミラール511は、第1、第2の面としてのレンズ面508a、508bを有する第1のレンズ512aと、第3、第4の面としてのレンズ面509a、509bを有する第2のレンズ512bと、これらのレンズ間に透明電極513a、513bを介して設けた高分子分散液晶514とを有し、入射光を第1、第2のレンズ512a、512bを経て収束させるものである。透明電極513a、513bは、スイッチ515を介して交流電圧516に接続して、高分子分散液晶514に交流電界を選択的に印加するようにする。なお、高分子分散液晶514は、それぞれ液晶分子517を含む球状、多面体等の任意の形状の多数の微小な高分子セル518を有して構成し、その体積は、高分子セル518を構成する高分子および液晶分子517がそれぞれ占める体積の和に一致させる。

【0112】ここで、高分子セル518の大きさは、例えば球状とする場合、その平均の直径Dを、使用する光の波長をλとすると、例えば、

$$\lambda / 5 \leq D \leq \lambda$$

はλ/5以下とする。可変焦点ミラールが用いられる光学製品によっては高精度を要求しない場合もあり、その大きさDはλ以下でよい。なお、高分子分散液晶514の透明度は、厚さdが薄いほど悪くなる。【0113】また、液晶分子517は、例えば、一軸性のネマティック液晶分子を用いる。この液晶分子517の屈折率異方性は、図45に示すような形状となり、

である。ただし、 $n_s$ は、常光線の屈折率を示し、 $n_{s0}$ および $n_{s1}$ は、常光線を含む面内で互いに直交する方向の屈折率を示す。

【0114】ここで、図44に示すように、スイッチ515をオフ、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加しない状態で、液晶分子517が縦方向を向いているので、入射光に対する高分子分散液晶層514の屈折率は高く、屈折力の強いレンズとなる。これに対し、図46に示すように、スイッチ515をオンとして高分子分散液晶層514に交流電圧を印加すると、液晶分子517は、屈折率情団体の長軸方向が可変液晶層511の光軸と平行となるように配向するので、屈折率

が低くなり、屈折力の弱いレンズとなる。

※  
$$\frac{(n_{s0} + n_{s1} + n_s) / 3 = n_{sc}}{(2n_{s0} + n_{s1}) / 3 = n_{sc}} \quad \dots (17)$$
となる。また、上記(17)式が成り立つときの平均屈折率※ $n_{sc}$ は、 $n_s$ を異常光線の屈折率 $n_s$ と表して、  
$$\frac{(2n_{s0} + n_{s1}) / 3 = n_{sc}}{(2n_{s0} + n_{s1}) / 3 = n_{sc}} \quad \dots (18)$$

で与えられる。このとき、高分子分散液晶層514の屈折率 $n_{sc}$ は、高分子セル518を構成する高分子の屈折率 $n_s$ とし、高分子分散液晶層514の体積に占める

★  
液晶分子517の体積の割合を $f$ とすると、マックスウェル・ガーネットの法則により、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (19)$$

で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (20)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (21)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (22)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (23)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (24)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (25)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (26)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (27)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (28)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (29)$$

とすれば、図46に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514で与えられる。なお、 $R_s$ および $R_s$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、  
$$\frac{1}{f_s} = (n_s - 1) / (1/R_s - 1/R_s) \quad \dots (30)$$

$n_{sc} = 1.585$ 、 $\lambda = 500\text{nm}$ とすると、透過率 $\tau$ は、理論値で、 $r = 5\text{nm}$  ( $D = \lambda/50$ )、 $D \cdot t = \lambda \cdot 6\text{nm}$  (ただし、 $D$ および $\lambda$ の単位は $\text{nm}$ 、以下も同じ)のとき $\tau = 90\%$ となり、 $r = 25\text{nm}$  ( $D = \lambda/10$ )のとき $\tau = 71\%$ となる。また、 $t = 75\text{nm}$  ( $D = \lambda/10$ )のとき $\tau = 50\%$ になることが示されている。

【0121】ここで、例えば、 $t = 150\text{nm}$ の場合を\*  
$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 15\text{nm} \quad \dots (28)$$
であれば、 $\tau$ は70%~80%以上となり、レンズとして十分実用になる。したがって、例えば、 $t = 75\text{nm}$ の場合、 $D \leq \lambda/5$ で、十分な透過率が得られることとなる。

【0123】また、高分子分散液晶層514の透過率※  
$$n_s = (n_s' + n_{sc}') / 2 \quad \dots (29)$$
を満足するときである。

★  
【0124】ここで、可変焦点レンズ511は、レンズとして使用するものであるから、図44の状態でも、図46の状態でも、透過率はほぼ同じで、かつ高い方が良しとする。すなわち、  
$$n_s' \leq n_s \leq n_{sc}' \quad \dots (30)$$

【0125】上記(29)式を満足すれば、上記(28)式は、  
$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 80\text{nm} \quad \dots (31)$$

であればよい。ただし、 $(n_s - n_s')$ は、 $(n_{sc}' - n_s)$ と $(n_s' - n_s)$ のうち、大きい方である。【0127】また、可変焦点レンズ511の焦点距離※ $30$   $0.1 \leq f \leq 0.999$ とする。一方、 $f$ は、小さいほどは向上するので、※  
$$4 \times 10^{-4} (\mu\text{m}) \leq D \cdot t \leq \lambda \cdot 45\text{nm} \cdot (1.585 - 1.45) / (n_s - n_s') \quad \dots (34)$$

とする。なお、 $t$ の下限値は、図44から明らかにより、 $t = D$ 、 $D$ は、上述したように $2\text{nm}$ 以上であるので、 $D \cdot t$ の下限値は、 $(2 \times 10^{-4} \mu\text{m})$ 、すなわち $4 \times 10^{-4} (\mu\text{m})$ となる。

【0128】なお、物質の光学特性を屈折率で表す近似的に成り立つのは、「波長 $\lambda$ より長い光の散乱が、 $f$ が成り立つのは、 $\lambda$ が小さいほどは向上するので、※  
$$4 \times 10^{-4} (\mu\text{m}) \leq D \cdot t \leq \lambda \cdot 45\text{nm} \cdot (1.585 - 1.45) / (n_s - n_s') \quad \dots (35)$$

とする。【0129】図48は図47に示す可変焦点レンズ511を用いたデジタルカメラ用の撮像光学系の構成を示すものである。この撮像光学系においては、物体（図示せず）の像を、被写体521、可変焦点レンズ511およびレンズ522を介して、例えばCCDよりなる固体撮像素子523上に結像させる。なお、図48では、液晶分子の図示を省略してある。

【0130】かかる撮像光学系によれば、可変低倍率519により可変焦点レンズ511の高分子分散液晶層514に印加する交流電圧を調整して、可変焦点レンズ511の焦点距離を変えることにより、可変焦点レンズ511およびレンズ522を光軸方向に移動させることなく、例えば、無限遠から600mmまでの物体距離に対して、連続的に合焦させることが可能となる。

【0131】図49は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。この可変焦点回折光学素子531は、平行な第1、第2の面532a、532bを有する第1の透明基板532と、光の波長オーダーの溝深さを有する断面

14に印加する交流電圧を調整して、可変焦点レンズ511の焦点距離を変えることにより、可変焦点レンズ511およびレンズ522を光軸方向に移動させることなく、例えば、無限遠から600mmまでの物体距離に対して、連続的に合焦させることが可能となる。

【0131】図49は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。この可変焦点回折光学素子531は、平行な第1、第2の面532a、532bを有する第1の透明基板532と、光の波長オーダーの溝深さを有する断面

14に印加する交流電圧を調整して、可変焦点レンズ511の焦点距離を変えることにより、可変焦点レンズ511およびレンズ522を光軸方向に移動させることなく、例えば、無限遠から600mmまでの物体距離に対して、連続的に合焦させることが可能となる。

【0131】図49は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。この可変焦点回折光学素子531は、平行な第1、第2の面532a、532bを有する第1の透明基板532と、光の波長オーダーの溝深さを有する断面

14に印加する交流電圧を調整して、可変焦点レンズ511の焦点距離を変えることにより、可変焦点レンズ511およびレンズ522を光軸方向に移動させることなく、例えば、無限遠から600mmまでの物体距離に対して、連続的に合焦させることが可能となる。

【0131】図49は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。この可変焦点回折光学素子531は、平行な第1、第2の面532a、532bを有する第1の透明基板532と、光の波長オーダーの溝深さを有する断面





体の体積が変化する、シリンドラ146が不要になる。なお、図56、57中、148は変形可能な部材で、弾性体、アコエディオン状の合成樹脂または金属等できている。

【0148】図55、56に示す実施例では、電圧を逆に印加すると透明物質143は逆向きに変形するので凹レンズにすることも可能である。なお、透明物質143は電圧材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合は、透明物質143を透明基板と電圧材料を貼り合わせた構造にする。よ、

【0149】図58は本発明のズーム光学系に適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例に係る。マイクログラフ180で液体161を出し入れし、レンズ面を變形させる可変焦点レンズ167の駆動構造図である。マイクログラフ180は、例えば、マイクログラフの技術で作られた小型のポンプで、電力で動くように構成されている。液体161は、図58中、165は弾性体164を保護するための透明基板で、設けなくてもよい。マイクログラフの技術で作られたポンプの例としては、熱変形を利用したもの、圧電材料を用いたもの、静電圧力を用いたものがある。

【0150】そして、図43で示したようなマイクログラフ180を、例えば、図58に示す可変焦点レンズに用いるマイクログラフ180のように、2つ用いればよい。

【0151】なお、静電圧力、圧電効果を用いた可変焦点レンズなどにおいては、駆動用に高電圧が必要になる場合がある。その場合には、昇圧用のトランス、あるいは圧電トランス等を用いて制御系を構成する。特に、特許第2003-98435号に開示した小型にできる。よ、

【0152】図59は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な光学特性可変光学素子の他の実施例であって圧電材料200を用いた可変焦点レンズ201の駆動構造図である。圧電材料200には透明物質143と同様の材料が用いられており、圧電材料200は、透明で柔らかい。基板202の上に設けられている。なお、基板202には、合成樹脂、有機材料を用いるのが望ましい。本実施例においては、2つの透明物質59を介して電圧を圧電材料200に加えることで圧電材料200は変形し、図59において凸レンズとしての作用を持っている。

【0153】なお、基板202の形をあらかじめ凸状に形成しておく、かつ、2つの透明物質59のうち、少なくとも一方の電極の大きさを基板202と異ならせおくと、例えば、一方の透明物質59を基板202より小さくしておくと、電圧を切ったときに、図60に示すように、2つの透明物質59が対向する所定部分だけが凹状に変形して凹レンズの作用を持つようになり、可変焦点レンズとして動作する。このとき基板202は、液体

161の体積が変化しないように変形するので、液溜168が不要になるというメリットがある。

【0154】本実施例では、液体161を保持する基板の一部分を圧電材料で変形させて、液溜168を不要としたところに大きなメリットがある。なお、図58の実施例にも言えることであるが、透明基板163、165はレンズとして構成しても、或いは平面で構成してもよい。

【0155】図61は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であって圧電材料からなる2枚の基板200A、200Bを用いた可変焦点レンズの駆動構造図である。本実施例の可変焦点レンズは、基板200Aと200Bの材料の方向性を反転させることで、変形量を大きくし、大きな可変焦点範囲が得られるというメリットがある。なお、図61中、204はレンズ形状の透明基板である。本実施例においても、板面の右側の透明物質59は基板202よりも小さく形成されている。

【0156】なお、図59～図61の実施例において、基板202、202、200A、200Bの厚さを不均一にして、電圧を掛けたときの変形のさせかたをコントロールしてもよい。そのようにすれば、レンズの収差補正等もすることができ、便利である。

【0157】図62は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変焦点レンズ207は、例えばシリコンゴムやアクリルエラストマー等の電圧材料206を用いて構成でき、本実施例の構成によれば、電圧が低いときには、図62に示すように、凸レンズとして作用し、電圧を上げると、図63に示すように、電圧材料206が上下方向に伸びて左右方向に縮むことで、焦点距離が伸びる。従って、可変焦点レンズとして動作する。本実施例の可変焦点レンズによれば、大電圧を必要としないので消費電力が小さくて済むというメリットがある。

【0158】図64は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であってフォトメカニカル効果を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。本実施例の可変焦点レンズ214は、透明弾性体208、209でアゾベンゼン210が挟まれており、アゾベンゼン210には、透明なスベーパー211を結晶して光が照射されるようになっている。図64中、212、213はそれぞれ中心波長が $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の例えばLED、半導体レーザー等の光源である。

【0159】本実施例においては、中心波長が $\lambda_1$ の光が図65(a)に示すトランス型のアゾベンゼンに照射されると、アゾベンゼン210は、図65(b)に示すシス型に変化して体積が減少する。このため、可変焦点レンズ214の形状は小さくなり、凸レンズ作用が減少する。

一方、中心波長が $\lambda_2$ の光がシス型のアゾベンゼン21

0に照射されると、アゾベンゼン210はシス型からトランス型に変化して、体積が増加する。このため、可変焦点レンズ214の形状は厚くなり、凸レンズ作用が増加する。このようにして、本実施例の光学素子214は可変焦点レンズとして作用する。また、可変焦点レンズ214では、透明弾性体208、209の空気との境界面で光が全反射するので外部に光が漏れず、効率が高い。なお、レンズとして利用する光の波長は可視光に限らず赤外光等でもよい。また、アゾベンゼン210としては、アゾベンゼンと他の液体の混合物を用いてもよい。

【0160】図66は本発明にかかるズーム光学系に適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例では、デジタルカメラに用いられるものとして説明する。なお、図66中、411は可変抵抗器、414は演算装置、415は温度センサー、418は速度センサー、417は距離センサー、424は振れセンサーである。本実施例の可変焦点レンズ45は、アクリルエラストマー等の有機材料からなる電圧材料453と間を隔てて分割電極409bを設け、電圧材料453の上に順に電極452、変形可能な基板451を設け、さらにその上に入射光を反射するアルミニウム等の金属からなる反射膜450を設けて構成されている。このように構成すると、分割電極409bを電圧材料453と一体化した場合に比べて、反射膜450の面積が滑らかになり、光学的に収差を発生させない。また、図64、449は光学系の変倍、あるいはズームを行なうことで反射膜450の形を変形させて、変倍あるいは、ズームをすることができるよう演算装置414を介して制御される。なお、アクリルエラストマー等の有機材料からなる電圧材料のかわりに既に述べたチタニウム酸バリウム等の圧電材料を用いてもよい。

【0161】最後に、本発明で用いる用語の定義を述べておく。

【0162】光学装置とは、光学系あるいは光学素子を含む装置のことである。光学装置単体で機能しなくてもよい。つまり、装置の一部でもよい。

【0163】光学装置には、撮像装置、観察装置、表示装置、照明装置、信号処理装置等が含まれる。

【0164】撮像装置の例としては、フィルムカメラ、デジタルカメラ、ロボットの眼、レンズ交換式デジタル一眼レフカメラ、テレビカメラ、動画記録装置、電子動画像記録装置、カムコーダ、VTRカメラ、電子内視鏡等がある。デジタル、カード型デジタルカメラ、テレビカメラ、VTRカメラ、動画記録カメラなどはいずれも電子撮像装置の一例である。

【0165】観察装置の例としては、顕微鏡、望遠鏡、

眼鏡、双眼鏡、ルーペ、ファイバースコープ、ファイナダー、ビューファインダー等がある。

【0166】表示装置の例としては、液晶ディスプレイ、ビューファインダー、ゲームマシン(ニューズレイステーション)、ビデオプロジェクター、液晶プロジェクター、頭部装着型画像表示装置(head mounted display:HMD)、PDA(携帯情報端末)、携帯電話等がある。

【0167】照明装置の例としては、カメラのストロボ、自動車のヘッドライト、内視鏡光源、顕微鏡光源等がある。

【0168】信号処理装置の例としては、携帯電話、パソコン、ゲームマシン、光ディスクの読取・書込装置、計算機の演算装置等がある。

【0169】なお、本願の光学系は小型軽量なもので、電子撮像装置、信号処理装置、特に、デジタルカメラ、携帯電話の撮像系に用いると効果がある。

【0170】撮像素子は、例えばCCD、撮像管、固体撮像素子、写真フィルム等を指す。また、平行平面板はプリズムの1つに含まれるものとする。観察者の変化には、相対的な変化を含むものとする。被写体の変化には、被写体と物体の距離の変化、物体の移動、物体の動き、振動、物体のふれ等を含むものとする。

【0171】拡張面の定義は以下の通りである。球面、平面、回転対称非球面、あるいは対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のなない非球面、自由曲面、微分不可能な面、線を含む面等、いかなる形をしていてもよい。反射面でも、屈折面でも、光にならぬ影響を与えうる面ならよい。本発明では、これらを総称して拡張面と呼ぶこととする。

【0172】光学特性可変光学素子とは、可変焦点レンズ、可変形状鏡、面形状の変化する偏光プリズム、頂角可変プリズム、光屈折作用の変化する可変屈折光学素子、つまり可変HOE、可変DOE等を含む。

【0173】可変焦点レンズには、焦点距離が変化せず、収差量が変化するような可変レンズも含むものとする。可変形状鏡についても同様である。要するに、光学素子で、光の反射、屈折、回折等の光屈折作用が変化するものを光学特性可変光学素子と呼ぶ。

【0174】情報発信装置とは、携帯電話、固定式の電話、ゲームマシン、テレビ、ラジオ、ステレオ等のリモコンや、パソコン、パソコンのキーボード、マウス、タッチパネル等の何らかの情報を入力し、送信することのできる装置を指す。撮像装置のついたテレビモニタ、パソコンのモニタ、ディスプレイも含むものとする。情報発信装置は、信号処理装置の中にも含まれる。

【0175】以上説明したように、本発明の光学系は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すよう

な特徴も備えている。

【0176】(1) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系。

$$0.01 < \eta_1 < 3.0$$

ただし、 $\eta_1$ はバリエータ群の倍率である。

【0177】(2) 電力を消費しないバリエータ群を移動させるようにしたことを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系を用いた撮像装置。

【0178】(3) 形状可変反射面の光線有効径をDとするとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系。D < 20.0 mm

【0179】(4) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項3に記載のズーム光学系。

$$0 \leq \psi x / \phi_1 < 0.1$$

$$0 \leq \psi y / \phi_1 < 0.1$$

ただし、 $\psi x$ は形状可変反射面の傾き方向に垂直な軸の傾き、 $\psi y$ は形状可変反射面の傾き方向に平行な軸の傾き、 $\phi_1$ は光学系全長のパワーである。

【0180】(5) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項3に記載のズーム光学系。

$$0 \leq \psi x / \phi_1 < 0.05$$

$$0 \leq \psi y / \phi_1 < 0.05$$

ただし、 $\psi x$ は形状可変反射面の傾き方向に垂直な軸の傾き、 $\psi y$ は形状可変反射面の傾き方向に平行な軸の傾き、 $\phi_1$ は光学系全長のパワーである。

【0181】(6) バリエータを1つのレンズ群で構成したことを特徴とする請求項1～3、上記(1)、(3)～(5)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0182】(7) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系。

$$0.1 < \eta_1 < 2.0$$

ただし、 $\eta_1$ はバリエータ群の倍率である。

【0183】(8) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系。

$$0.5 < \eta_1 < 1.7$$

ただし、 $\eta_1$ はバリエータ群の倍率である。

【0184】(9) 形状可変反射面の光線有効径をDとするとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系。

$$D < 17.0 \text{ mm}$$

【0185】(10) 形状可変反射面の光線有効径をDとするとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズーム光学系。

$$D < 15.0 \text{ mm}$$

【0186】(11) ズーム時に、絞り面を独立に移動させて、形状可変反射面の近くに配置するようにしたことを特徴とする請求項1～3、上記(1)、(3)～(10)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0187】(12) プリズムを用いて、形状可変反射

面への光線入射角度が小さくなるようにしたことを特徴とする請求項1～3、上記(1)、(3)～(11)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0188】(13) 前記プリズムの屈折面および反射面が自由曲面で構成されていることを特徴とする上記(12)に記載のズーム光学系。

【0189】(14) 撮像素子の短辺方向が、形状可変反射面の傾き方向に対して平行になるように配置したことを特徴とする請求項1～3、上記(1)、(3)～(13)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0190】(15) 形状可変反射面を自由曲面とするように構成したことを特徴とする請求項1～3、上記(1)、(3)～(14)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0191】(16) 形状可変反射面をレンズあるいはレンズ系の製作誤差による光学性能の劣化を補正するよう形状を変形するように構成したことを特徴とする請求項1～3、上記(1)、(3)～(15)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0192】(17) 形状可変反射面がコンベンセータ作用のみを有するようになり、その他のレンズ群を介してパンフォーカスとなるように構成されたズーム光学系。

【0193】(18) 請求項1～3、上記(1)、(3)～(17)のいずれかに記載のズーム光学系を用いた撮像装置。

【0194】(19) 可変ミラーと軸対称レンズを備え、撮像素子の長辺方向が、前記可変ミラーの傾き方向に対して平行になるように配置したことを特徴とする光

学系。

【0195】(20) 可変ミラーと軸対称レンズとを備え、撮像素子の長辺方向が、前記可変ミラーの傾き方向に対して平行になるように配置したことを特徴とする請求項1～3、上記(1)、(3)～(19)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0196】(21) 可変ミラーと、移動するレンズ群とを備え、前記可変ミラーが、コンベンセータとして機能し、移動するレンズ群で変倍を行うことを特徴とするバ

ンフォーカスなズーム光学系。

【0197】(22) 1つ以上の移動するレンズ群と、可変ミラーとを備え、変倍を行うことを特徴とするズーム光学系。

【0198】(23) 2つ以上の移動するレンズ群と、可変ミラーとを備え、変倍を行うことを特徴とするズーム光学系。

【0199】(24) 最も変倍に寄与する、移動するレ

【0201】(26) ズーム時に絞りが移動することを特徴とする上記(20)～(25)のいずれかに記載の光学系。

【0202】(27) ズーム時に移動するレンズ群と共

に絞りが移動することを特徴とする上記(20)～(26)のいずれかに記載の光学系。

【0203】(28) フォーカス時に可変ミラーだけを動作させてフォーカスを行うことを特徴とする請求項1～3、上記(20)～(27)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0204】(29) 軸上物体からの軸上入射光と、撮像素子への軸上入射光とのなす角が $90^\circ \pm 5^\circ$ あるいは $80^\circ \pm 5^\circ$ であることを特徴とする請求項1～3、上記(20)～(28)のいずれかに記載の光学系。

【0205】(30) 形状の変化しない反射面を有し、可変ミラーへの軸上光線入射角が $5^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項1～3、上記(20)～(29)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0206】(31) プリズムを有し、可変ミラーへの軸上光線入射角が $5^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項1～3、上記(20)～(28)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0207】(32) 非球面レンズを有することを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(31)のいずれかに記載のズーム光学系。

【0208】(33) 1又は2つ以上のレンズに2つ以上の非球面を設けたことを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(32)のいずれかに記載の光学系。

【0209】(34) 形状可変ミラーの変形するミラー面が、有機材料からなることを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(33)のいずれかに記載の光学系。

【0210】(35) 形状可変ミラーの変形するミラー面が、ポリイミドからなることを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(34)のいずれかに記載の光学系。

【0211】(36) 形状可変ミラーの変形するミラー面が、光の入射面に平行な方向に歪み形状であることを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(35)のいずれかに記載の光学系。

【0212】(37) 変形するミラー面の形状が凸でないことを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(36)のいずれかに記載の光学系。

【0213】(38) 形状可変ミラーが静電気力、電磁気力、圧電効果、電圧、流体のいずれかで駆動されることを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(37)のいずれかに記載の光学系。

【0214】(39) 請求項1～3、上記(1)～(38)のいずれかに記載の光学系を用いたことを特徴とする電子撮像装置。

【0215】(40) 請求項1～3、上記(1)～(39)のいずれかに記載の光学系を用いたことを特徴とする

るデジタルカメラ。

【0216】(41) 上記(39)を備えたことを特徴とする撮像装置。

【0217】

【発明の効果】本発明のズーム光学系によれば、消費電力が小さく、音が静かで、応答時間が短くなり、機械的構造が簡単となり、コストダウンに寄与することができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる第1実施例のズーム光学系のレンズ構成を示す光軸に沿った断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端の状態を示している。

【図2】第1実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図3】第1実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図4】第1実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図5】第1実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。

【図6】第1実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。

【図7】第1実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。

【図8】本発明にかかる第2実施例のズーム光学系のレンズ構成を示す光軸に沿った断面図である。

【図9】第2実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図10】第2実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図11】第2実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図12】第2実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。

【図13】第2実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。

【図14】第2実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。

【図15】本発明にかかる第3実施例のズーム光学系のレンズ構成を示す光軸に沿った断面図である。

【図16】第3実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図17】第3実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における、横収差を表す収差図である。

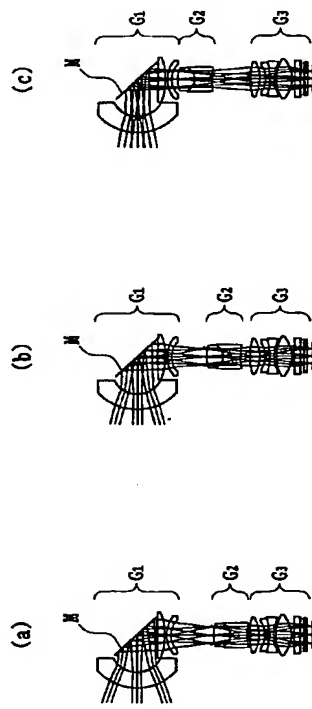
【図18】第3実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における、横収差を表す収差図である。

【図18】第3実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における、横収差を表す収差図である。 【図19】第3実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。 【図20】第3実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。 【図21】第3実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。 【図22】本発明にかかる第4実施例のズーム光学系のレンズ構成を示す光軸に沿う断面図である。 【図23】第4実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における、横収差を表す収差図である。 【図24】第4実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における、横収差を表す収差図である。 【図25】第4実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における、横収差を表す収差図である。 【図26】第4実施例の撮像光学系の広角端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。 【図27】第4実施例の撮像光学系の中間状態での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。 【図28】第4実施例の撮像光学系の望遠端での各波長域における形状可変反射面に入射する光線を示す状態説明図である。 【図29】本発明のズーム光学系に適用可能な可変ミラーとして光学特性可変ミラーを用いたデジタルカメラのケーブル式ファインダーの概略構成図である。 【図30】本発明のズーム光学系にかかる可変ミラーとして適用可能な可変形状409の他の実施例を示す概略構成図である。 【図31】図30の実施例の可変形状409に用いる電極の一形態を示す説明図である。 【図32】図30の実施例の可変形状409に用いる電極の他の形態を示す説明図である。 【図33】本発明のズーム光学系にかかる可変ミラーとして適用可能な可変形状409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。 【図34】本発明のズーム光学系にかかる可変ミラーとして適用可能な可変形状409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。 【図35】本発明のズーム光学系にかかる可変ミラーとして適用可能な可変形状409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。 【図36】図35の実施例における導膜409の断面図である。 【図37】本発明のズーム光学系にかかる可変ミラーと	【図56】図55の実施例における可変焦点レンズの変形例を示す説明図である。 【図57】図56の可変焦点レンズが変形した状態を示す説明図である。 【図58】本発明のズーム光学系に適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ160に流体181を出し入れし、レンズ面を變形させる可変焦点レンズ162の概略構成図である。 【図59】本発明にかかるズーム光学系に適用可能な光学特性可変光学素子の他の実施例であって圧電材料200を用いた可変焦点レンズ201の概略構成図である。 【図60】図59の変形例に係る可変焦点レンズの状態説明図である。 【図61】本発明にかかるズーム光学系に適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であって圧電材料からなる2枚の薄板200A、200Bを用いた可変焦点レンズの概略構成図である。 【図62】本発明にかかるズーム光学系に適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例を示す概略構成図である。 【図63】図62の実施例に係る可変焦点レンズの状態説明図である。 【図64】本発明にかかるズーム光学系に適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であってフォトメカニカル効果を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。 【図65】図64の実施例に係る可変焦点レンズに用いるアゾベンゼン構造を示す説明図であり、(a)はトランス型、(b)はシス型を示している。 【図66】本発明にかかるズーム光学系に可変ミラーとして適用可能な可変形状409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。 【符号の説明】 G1 第1群 G2 第2群 G3 第3群 G4 第4群 M 形状可変ミラー P プリズム 45, 188 可変形状 140, 167, 201, 207, 214, 511, 551 可変焦点レンズ 161 流体 163, 165, 204, 532, 533, 562, 563 透明電極 83, 566, 567 透明基板 59, 145, 513a, 513b 透明電極 102, 512a, 512b, 522, 552, 553 レンズ 103 制御系 103' 回路	104, 141 透明部材 142 圧電性のある透明物質 143 流体あるいはゼリー状物質 144 シリンダー 146 支脚部材 147 変形可能な部材 160, 180 マイクロポンプ 164 弾性体 168 液滴 181 振動板 182, 183, 409b, 409d, 452 電極 184, 185 弁 189, 450 反射膜 200 圧電材料 200A, 200B 薄板 202 透明で柔らかい基板 208, 409c-2 電圧材料 208, 209 透明弾性体 210 アゾベンゼン 211 スペーサー 212, 213 光源 403 撮像レンズ 404 プリズム 405 二等辺直角プリズム 406 ミラー 408, 523 固体撮像素子 409 光学特性可変形状 409a 薄板 409c, 409c' 圧電素子 409c-1, 409e 基板 411 可変抵抗器 412 電源 413 電源スイッチ 414 演算装置 415 温度センサー 416 温度センサー 417 距離センサー 423 支持台 424 振れセンサー 425, 428 駆動回路 426 永久磁石 427 コイル 449 釘 451 変形可能な基板 453 電圧材料 508a, 532a, 562a, 566a 第1面 508b, 532b, 562b, 566b 第2面

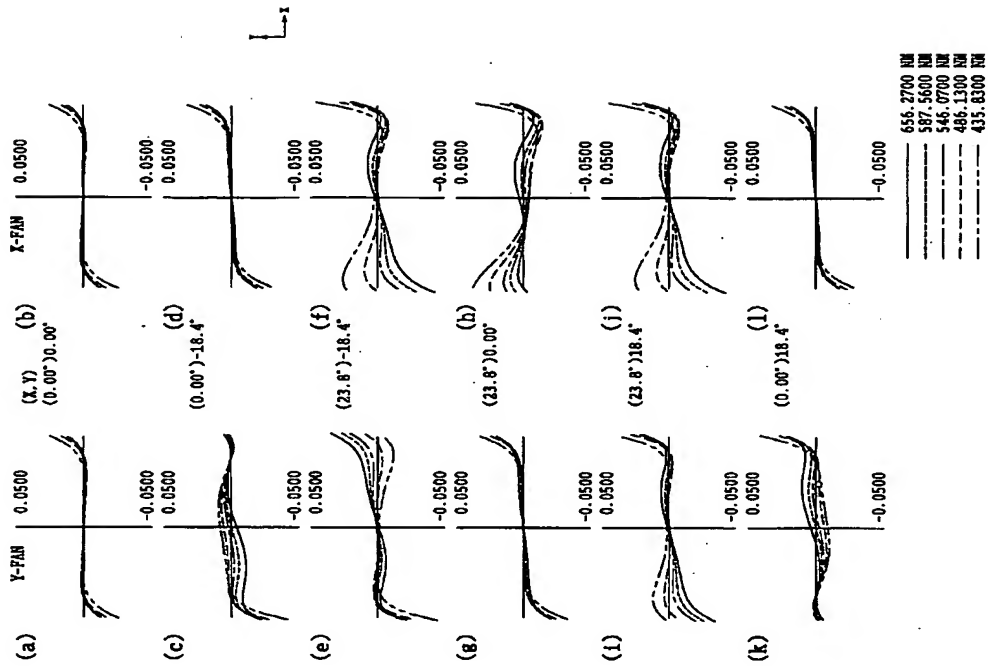
2の面	509 a, 533 a, 563 a, 567 a	56	* 531 可変焦点回折光学素子
3の面	509 b, 533 b, 563 b, 567 b	550	539 a, 539 b 配向膜
4の面	514 高分子分散液晶層	554	可変焦点眼鏡
515 スイッチ	516 交流電源	555 液晶分子	ツイストネマティック液晶層
517 液晶分子	518 高分子セル	561 可変偏角プリズム	液晶分子
519 可変抵抗器	521 絞り	565 可変焦点ミラー	可変偏角プリズム
		568 反射膜	可変焦点ミラー
		901 接眼レンズ	反射膜
		10 902 対物レンズ	接眼レンズ
			対物レンズ

\*

(図1)

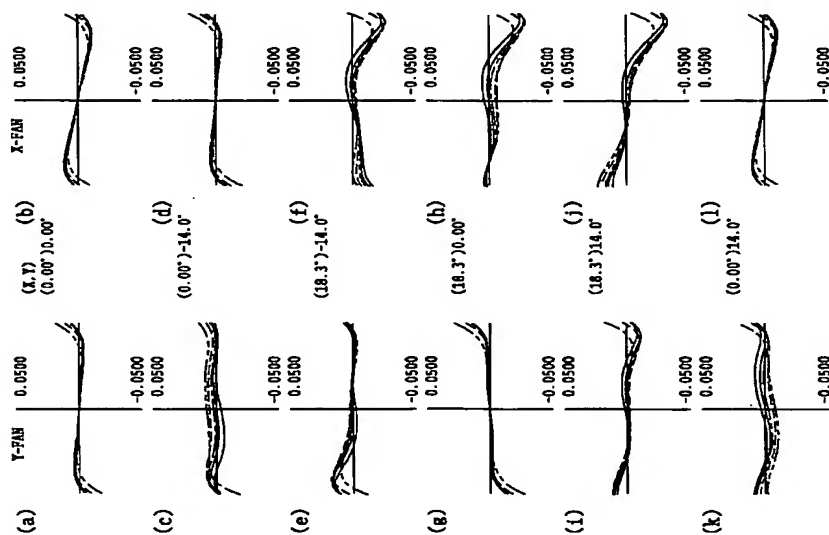


(図2)

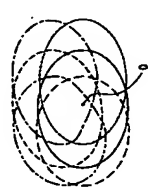




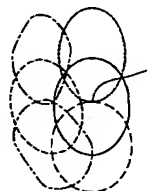
【図3】



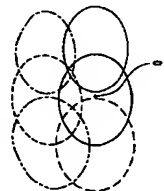
【図7】



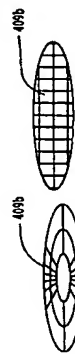
【図12】



【図13】



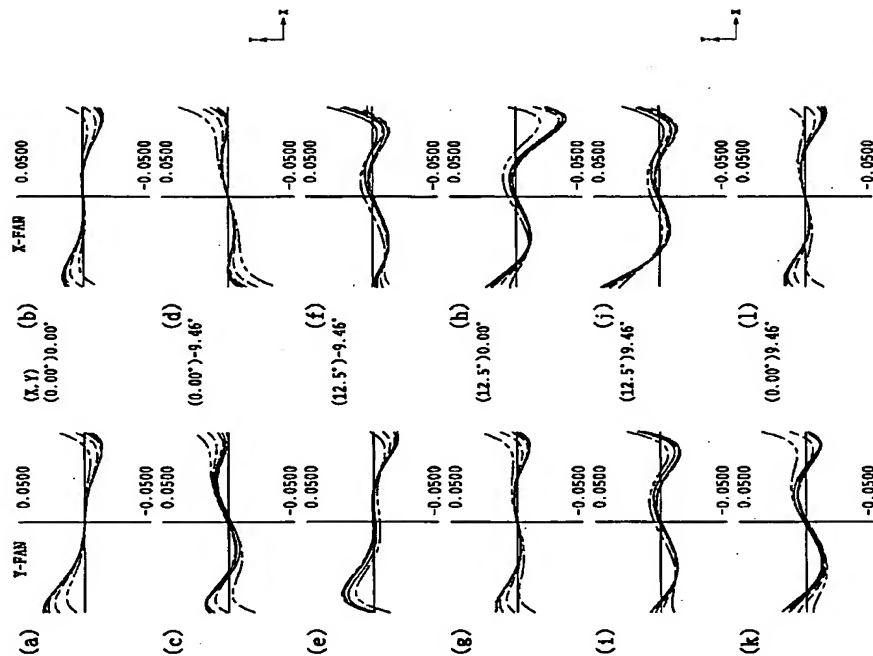
【図31】



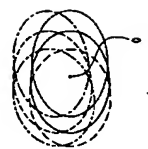
【図32】



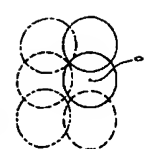
【図4】

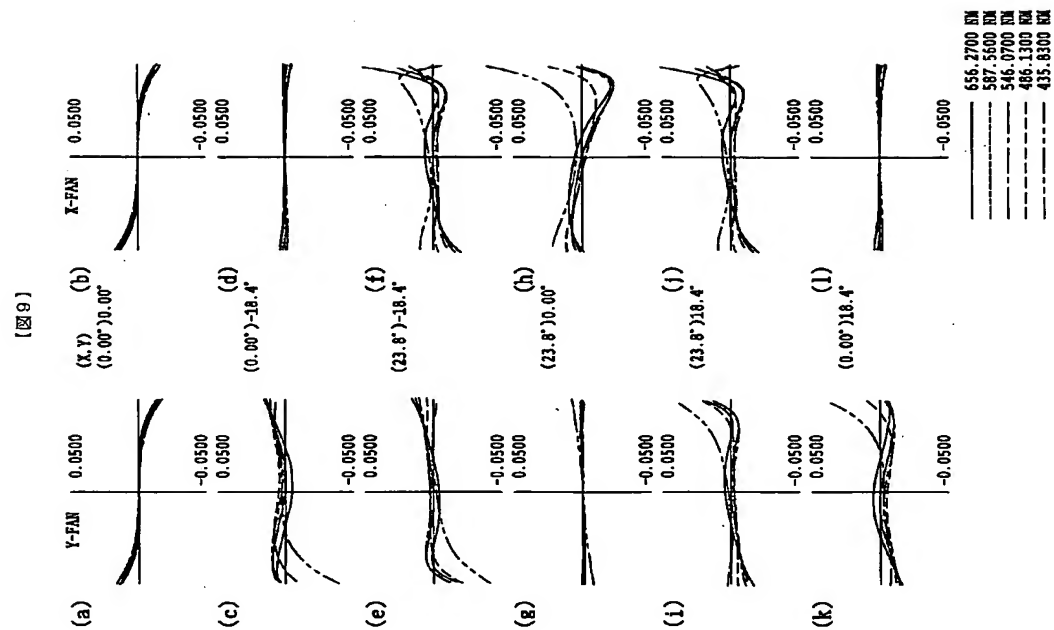
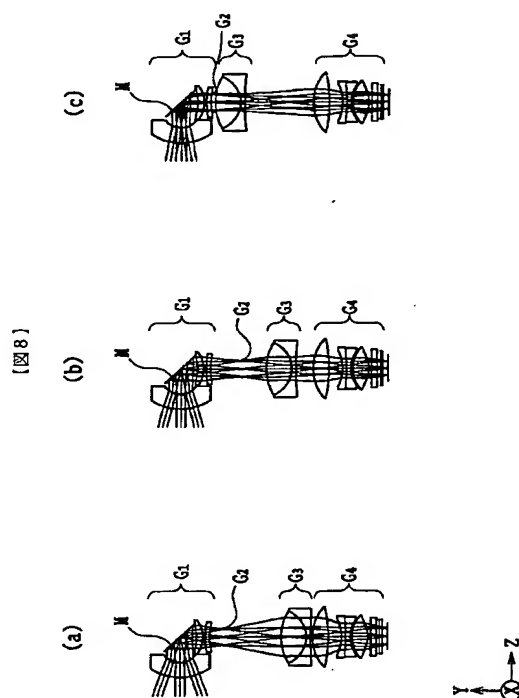
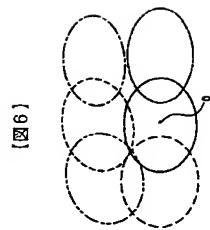
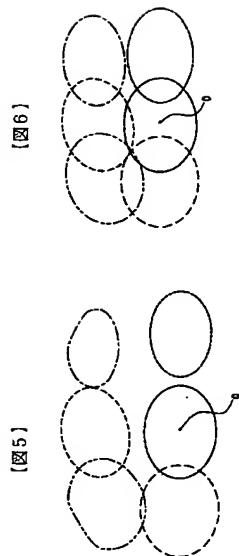


【図14】

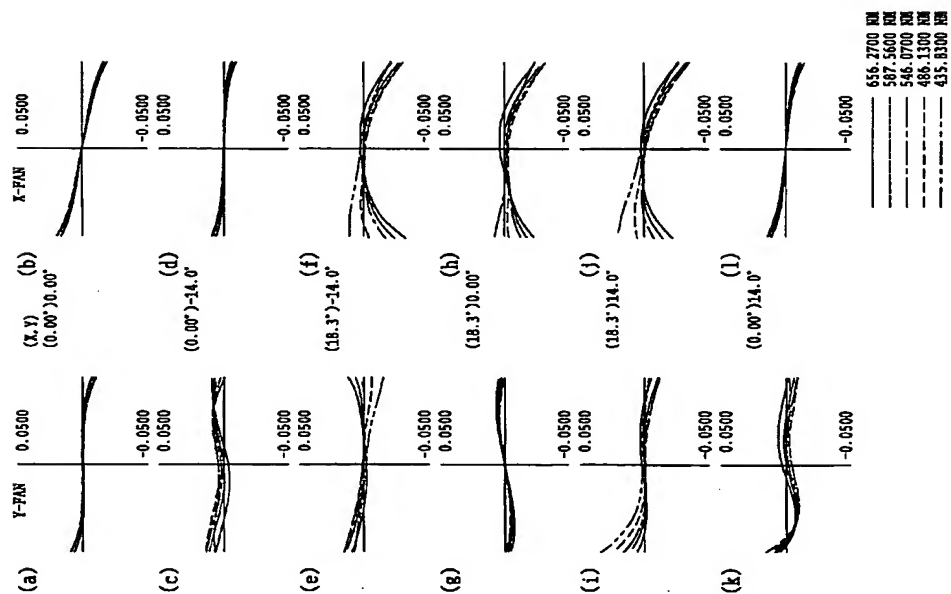


【図20】

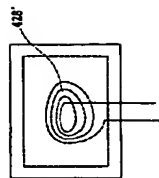
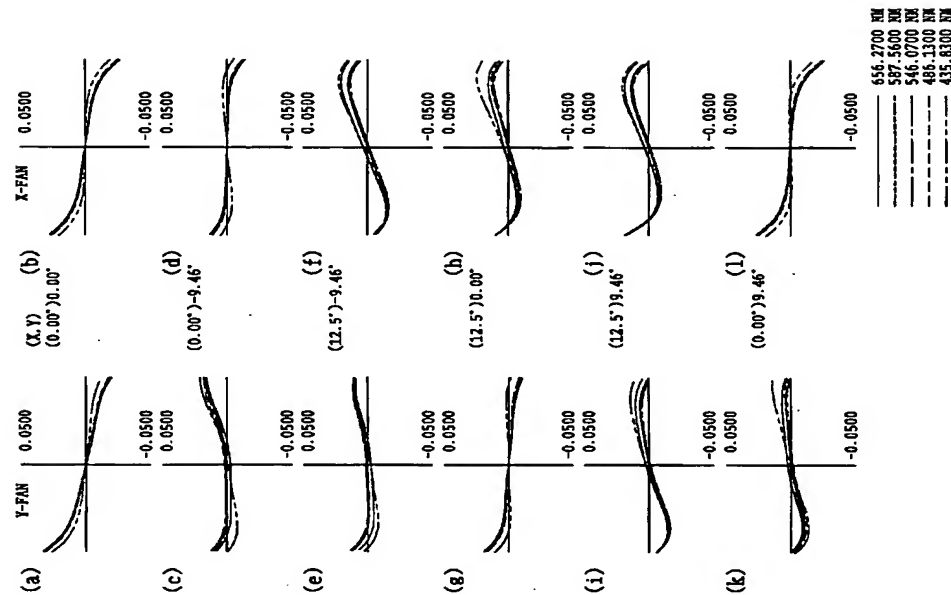




【図10】

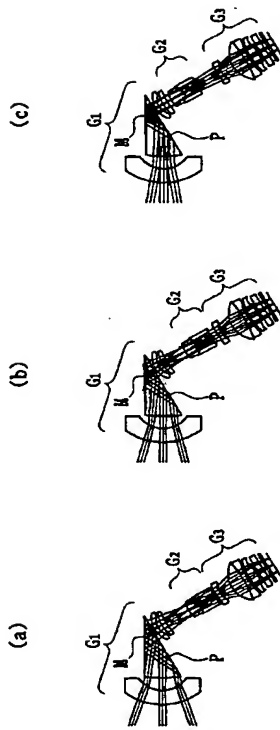


【図11】

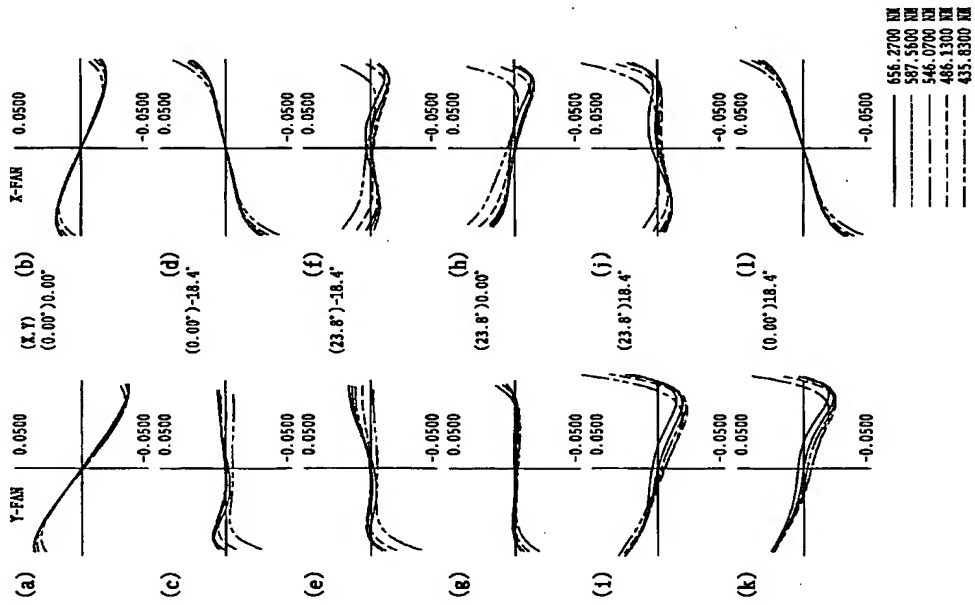


【図12】

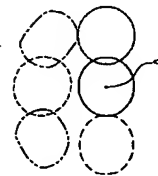
【図15】



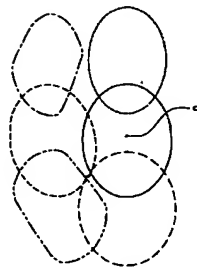
【図16】



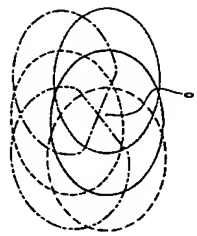
【図19】



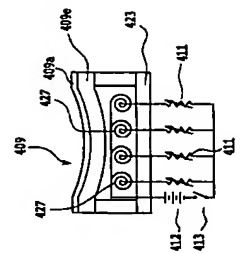
【図26】



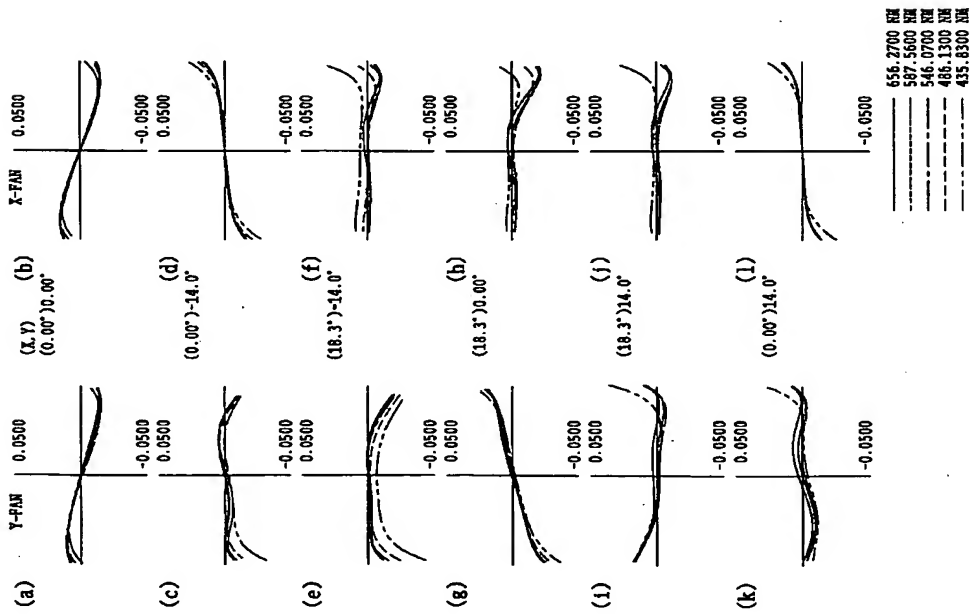
【図27】



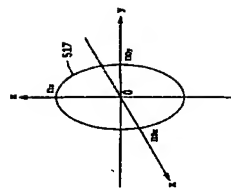
【図37】



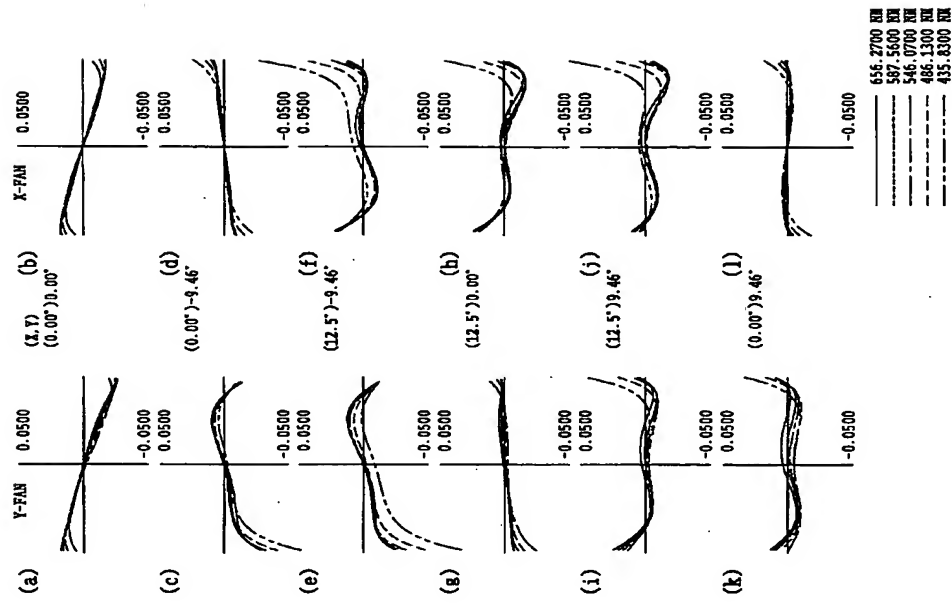
【図17】



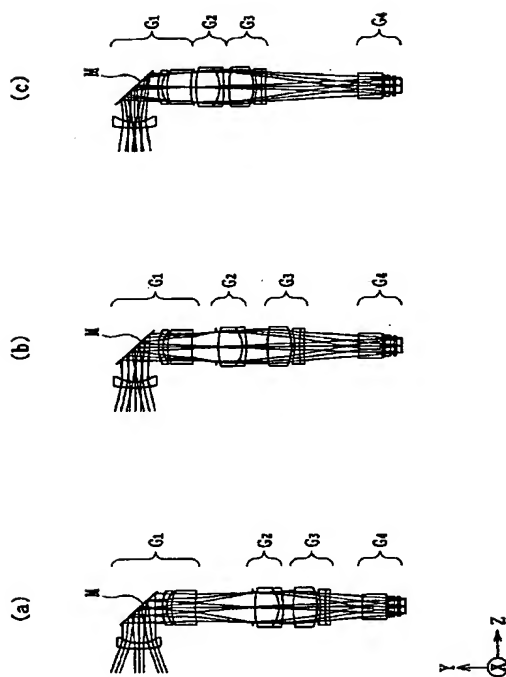
【図45】



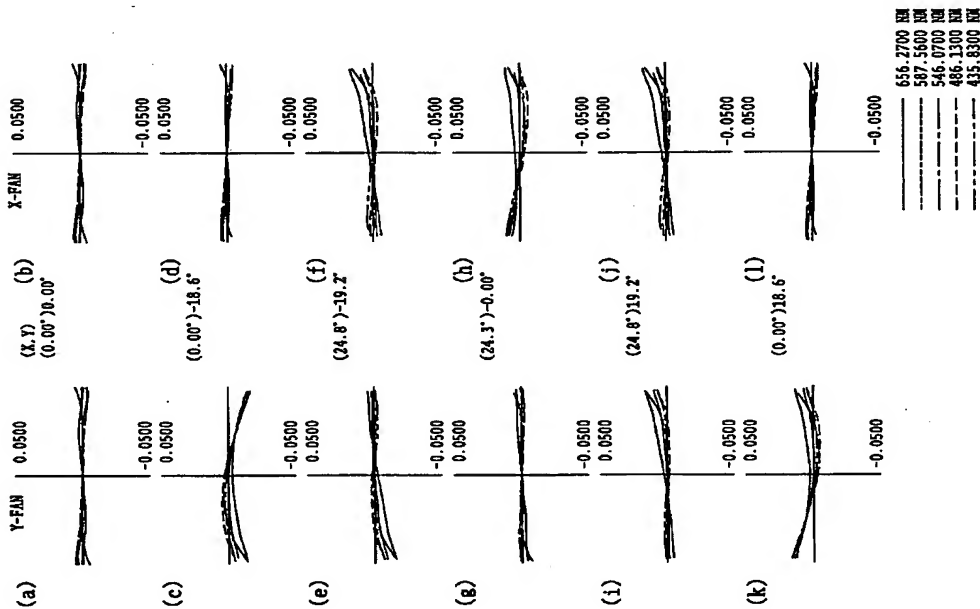
【図18】



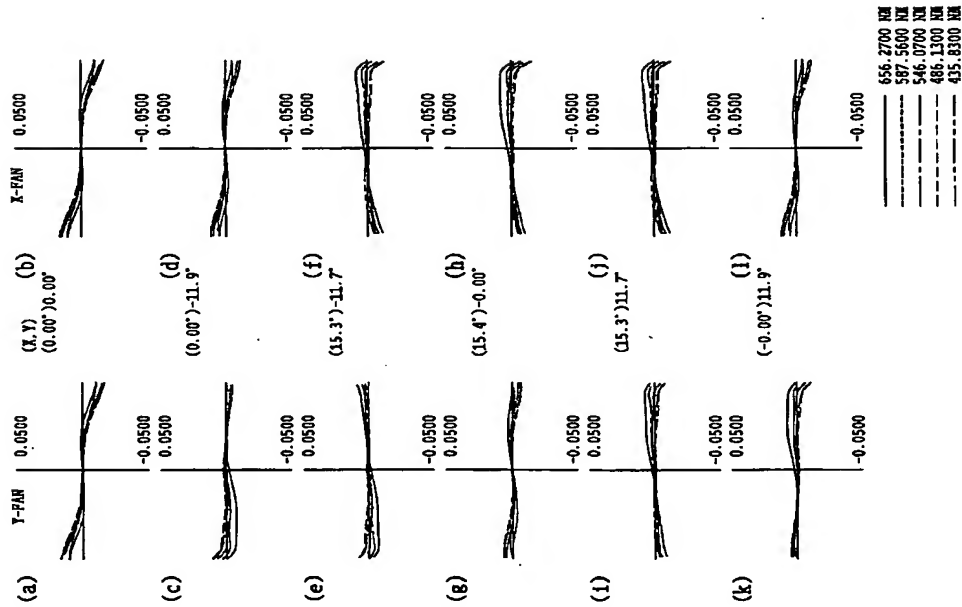
【図22】



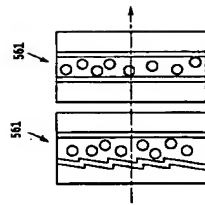
【図23】



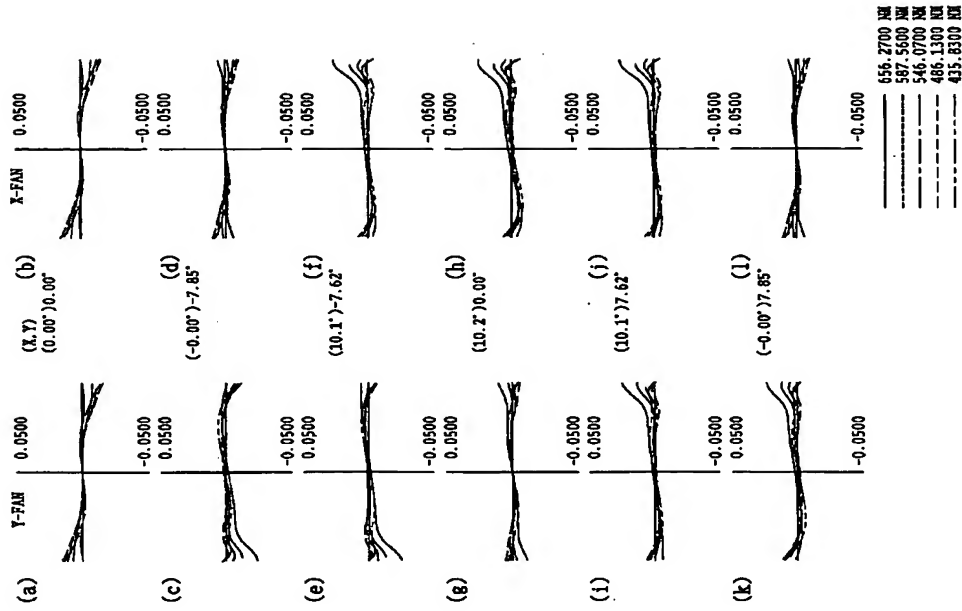
【図24】



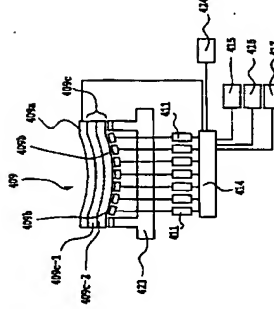
【図53】



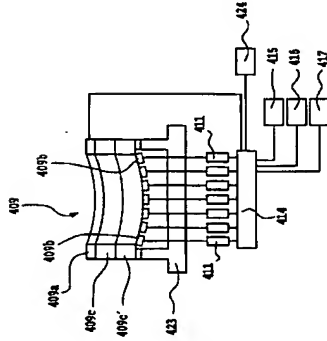
【図25】



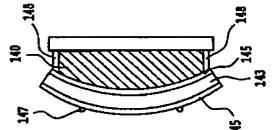
【図30】



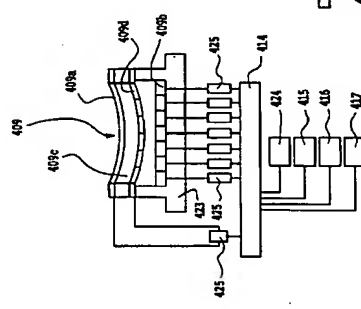
【図33】



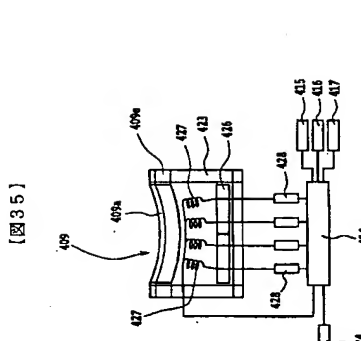
【図56】



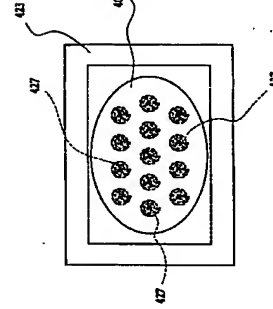
【図34】



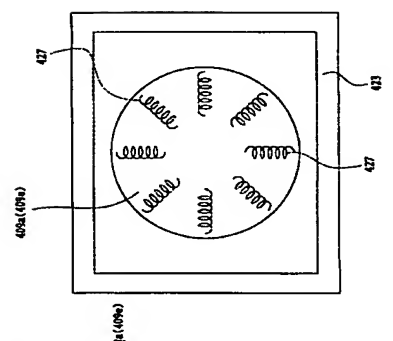
【図35】



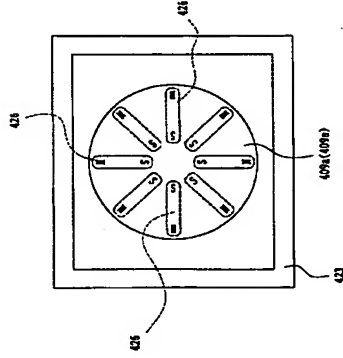
【図38】



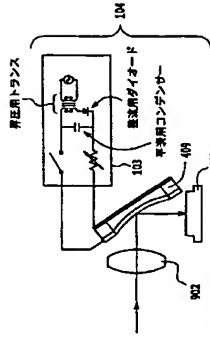
【図39】



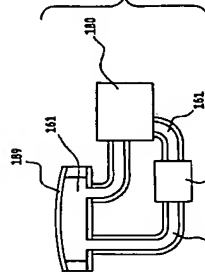
【図40】



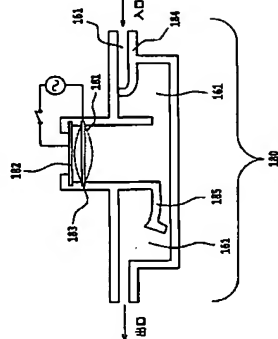
【図41】



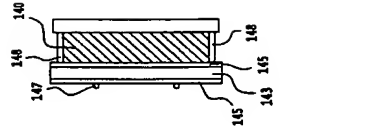
【図42】



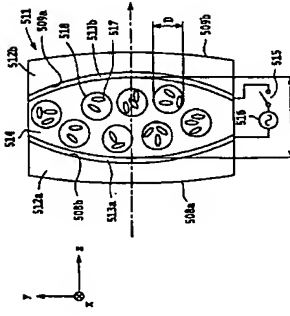
【図43】



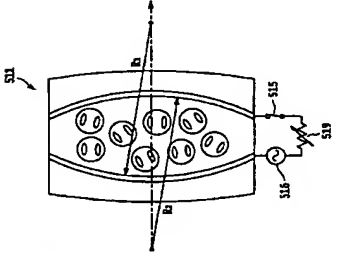
【図57】



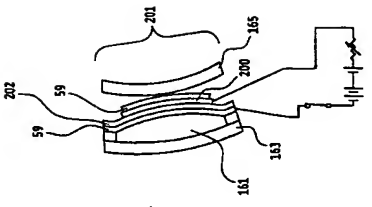
【図44】



【図47】

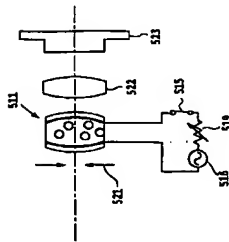


【図59】

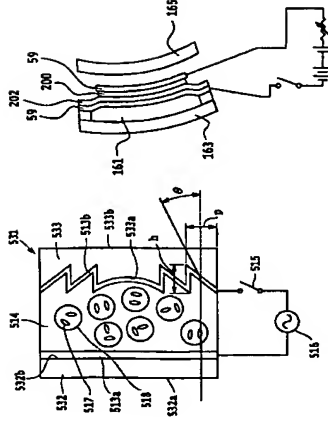




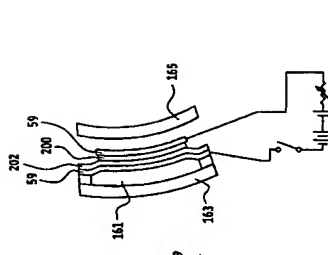
[図4.8]



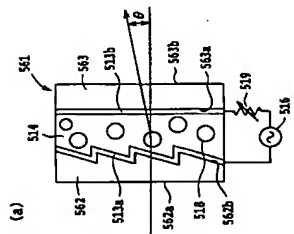
[図4.9]



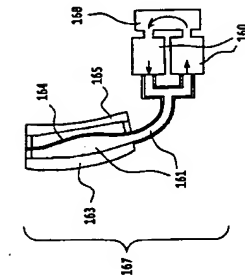
[図6.0]



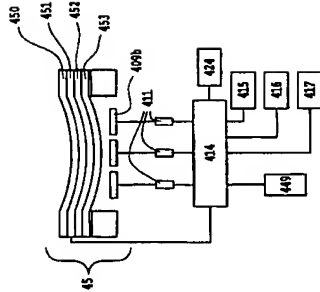
[図5.2]



[図5.8]



【図66】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	チャート (参考)
G 0 3 B 5/00		G 0 3 B 5/00	J
Fターム(参考)	2H042 D008 D013 2H044 BE01 DA01 DA02 DB00 DB04 EC01 2H087 KA01 PA07 PA08 PA19 PB09 PB10 QA02 QA06 QA07 QA17 QA21 QA22 QA25 QA26 QA34 QA38 QA41 QA42 QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA36 RA41 SA14 SA16 SA19 SA24 SA26 SA29 SA32 SA63 SA64 SA72 SA75 SB04 SB13 SB25 SB33		